

厚生労働科学研究費補助金

長寿科学総合研究事業

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた

パワーアシストスーツの実用化

平成 15 年度 総括研究報告書

主任研究員 遠山 茂樹

平成 16 年 3 月

目 次

I. 総括研究報告

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた パワーアシストスーツの実用化	-----1
遠山 茂樹	

II. 分担研究報告

超音波モータおよびパワーアシスト スーツ機構の開発に関する研究	-----16
遠山 茂樹	
パワーアシストスーツの制御に関する研究	-----71
永井 正夫	
安全センサーの開発 小型アンプの開発	-----115
梅田 倫弘、エコ プルワント	
機構の設計と強度計算	-----154
桑原 利彦	

厚生科学研究補助金(長寿科学総合研究所)

総括研究報告書

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた
パワーアシストスーツの実用化

研究者 遠山茂樹 東京農工大学工学部教授

研究要旨

現在、日本は未曾有の高齢化社会になり、介護支援、生活支援の技術の向上が望まれている。しかし、介護は心理的な面からも機会に頼ることは難しく人手による場合が多い。特に日本では筋力が十分でない高齢者が介護に当たらざるを得ない場合も多く、介護支援技術は大変重要な問題である。本研究開発では介護者が装着できるパワーアシストスーツを実用化する。

本年度は二年目であり、前年度の課題であったモータのさらなる高出力化、およびスーツの軽量化のための検討を中心に、さらに安全システムの開発、モータ制御実験を行った。前年度の成果とあわせ、次年度はフィールドテストを繰り返し、最終調整を行う。

分担研究者

永井 正夫	東京農工大学工学部教授
梅田 倫弘	東京農工大学工学部教授
桑原 利彦	東京農工大学工学部助教授
エコ プルワント	東京農工大学工学部助手

A. 研究目的

日本における 65 歳以上の人口に対する割合は年々増加している。高齢になるに従い、肢体に不自由を訴える人は当然多くなる。それに加え、障害を抱えた方たちも数多く存在する。

都市においてエレベータ、エスカレータ、スロープの設置、障害者の目から見た家の設計や乗用車の設計などでバリアフリーの環境作りを積極的に行い始めている。これら環境的なサポートに加え、高齢者、障害者をサポートするものとして、義手、義足に代表される補装具がある。身体機能を補助する能動的なものから、駆動力を有し身体機能を補うものまで様々なものが開発されている。

転じて介護者側に目を向けると、少子高齢化のため、肢体不自由となった高齢者を支える若手介護者の負担が増加しており、介護活動は健常な介護者にとっても肉体的に負担の大きなものとなっている。これを考慮すると高齢者同士での介護においては介護者側の高齢者がけがをするという事態も容易に想像できる。

そこで肉体的負担の軽減、全身の動作をサポートするパワーアシストスーツ(以降 PAS)を提案する。まず、この PAS 開発の一步として、主に介護動作をサポートすることを目的とする。今回開発する PAS のアクチュエータとして超音波モータを使用することとする。超音波モータはダイレクトドライブであり、静音性に優れ、省スペース化に有効であるという特性を有している。このような特徴を有する超音波モータを介護支援機器は従来にないものであり必ず広く普及すると確信している。

B. 研究方法

本年度は二年目であり初年度である前年度の成果を元に、より実用的なパワーアシストスーツの機構の開発、サンドイッチ型高出力モータの開発を中心に研究開発を進めた。

前年度に開発したΦ100、Φ120、Φ145のサンドイッチ型モータの出力を向上させるために、単体での構造の再検討を行った。さらにこれらの技術を踏まえ、Φ110のサンドイッチ型モータ、及び一回り小型のΦ80強力超音波モータを製作した。

開発したモータの応答特性を調べるため、追従制御のプログラムを開発し実験を行った。代表的な関節として膝関節を取り上げ、歩行パターンを追従するように制御を行い、きわめて優れた追従性能を得た事ができた。加えて新たに製作した強力超音波モータの応答特性を調べるための追従実験も行った。また、安全システムとして足裏に設けたロードセルによる重心検出の基礎実験を行い、有効に検出できることを確認した。さらに制御性、携帯性を向上させるための小型モータドライバの開発を行った。

パワーアシストスーツの機構開発は重要なテーマである。前年度に開発したスーツに改良を加え、物を持ち上げることに特化した構造のスーツ(リフトタイプ)とした。さらに、多くの介護動作を再現するために動作を重視したスーツ(サポータタイプ)を開発した。

C. 研究成果

前年度の成果をにより、特にサンドイッチ構造にすることでトルクを同体積で約 2 倍に引き上げることが出来ることがわかったため、今年度は、ステータ構造を再検討しトルクを向上させた。特に $\Phi 110$ サンドイッチモータは約 $13[\text{Nm}]$ のトルクを得ることができた。同時にこれまで製作したモータより一回り小さい $\Phi 80$ 小型強力超音波モータを開発した。このモータをステータ単体で約 $2[\text{Nm}]$ であるが、他のモータに比べ大幅な軽量化に成功しており、通常ステータを二枚で構成するサンドイッチ型モータをさらに多段化することも可能である。特に今回製作したアシストスーツには試験的にこの $\Phi 80$ のモータを装備し動作実験をおこなった。

アンプの小型、効率化のため実験的に様々機能を付加したプロトタイプのドライバを開発した。これにより最終的にはタバコ箱大の大きさに出来ると確認できた。

さらに安全システムとして、足裏のロードセルからの情報により装着者の重心位置を把握し、過負荷時、緊急時の安全停止を確認した。

今回製作したスーツは前年度開発したスーツがモータ装備なしで約 $40[\text{kg}]$ であるのに対し、モータ装備の状態では約 $16[\text{kg}]$ と大幅な軽量化に成功しただけではなく、動作の自由度を向上させることもできた。特に、介護施設で頻繁に行われるベッド一車椅子間の移乗移載動作を再現できた。



図 1 パワーアシストスーツ(サポータタイプ)

D. 考察

今年度の研究の結果、パワーアシストスーツの技術は完成したといえる。次年度ではフィールドテストを重ねることで、特に制御プログラムの調整、主に上半身の動作の構造を再検討する。また今年度末に新たに提案されたタイプのサンドイッチ型超音波モータを製作し、スーツに装備する。

介護師による評価

今回のパワーアシストスーツ製作には特別養護老人ホーム「つきみの園」の職員の協力をお願いし、サポータタイプスーツを装着した状態での評価をしていただいた。以降に装着時の様子、及び職員の方の評価を示す。

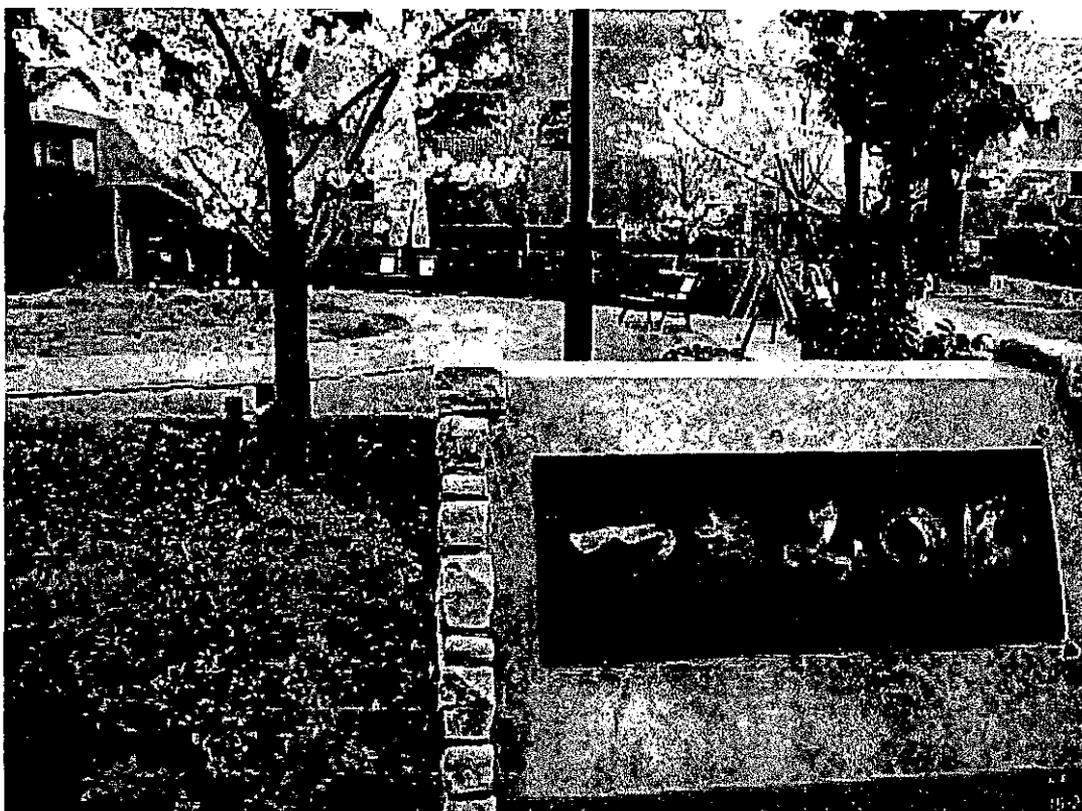
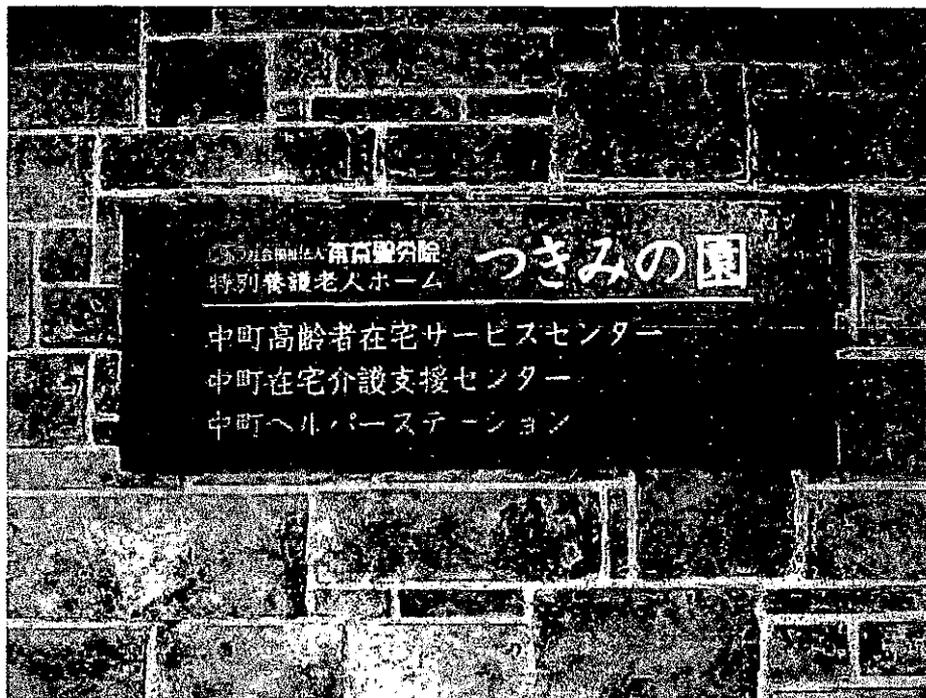


図 1 特別養護老人ホーム「つきみの園」



図 2 スーツ装着時



図 3 介護動作再現(A)



図 4 介護動作再現(B)



図 5 介護動作再現(C)

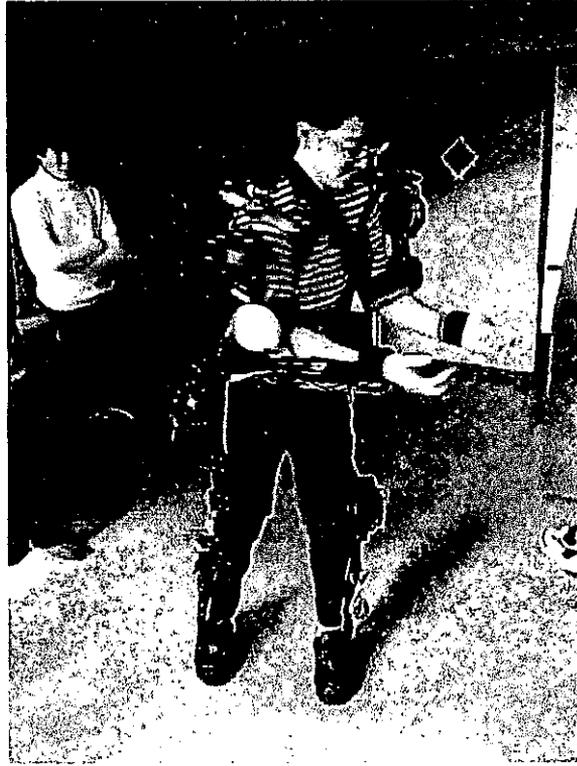


図 6 介護動作再現(D)



図 7 抱え上げ動作



図 8 ベッドからの移乗動作(A)



図 9 ベッドからの移乗動作(B)



図 10 ベッドからの移乗動作(C)



図 11 ベッドからの移乗動作(D)

職員からの評価及び考察

以下に職員からの評価を列挙する。

- ・ 通常動作に関しては特に問題はないが、腰を深く曲げづらい。
- ・ 上半身が重い。
- ・ 介護動作の際、稀にベッドに膝を乗せることがあるが、このような動作は行い難い。
- ・ ベッド-車椅子間の移乗移載動作は通常の高さのベッドであれば問題ない。しかしここ数年で開発されている介護用ベッドが低くなっているということと、畳に寝ている患者からも行う場合もあり、より低い位置からの動作が可能なような機構が必要。

今回製作したスーツでは基本となる動作に関しては、スーツ重量の分違和感があるものの、概ね動作に問題はないようであった。しかし、より低い位置からの介護動作には対応できてない、ということが今回「つきみの園」の職員の話で明らかになった。特に大腿部の筋肉収縮時、腰を 90 度近く程度曲げたときに装着部のマジックテープがはがれてしまった。これはスーツフレームの動作範囲の問題ではなく、装着具、装着方法による動作範囲の制限が問題である。すなわち、これら装着方法の改善により、スーツ構造としてはほぼすべての介護動作に対応できると考えられる。

E. 結論

二年目である今年度の研究により、体の一部をサポートするような補装具としての技術にも容易に応用できるスーツ機構を完成できた。さらに、トルクの向上に成功した大型超音波モータの応用範囲は広く、主に柔軟な動作を必要とする機器に活用できる。また、アンプの大幅な小型化の目処がついたため、応用範囲が広がったといえる。

F. 研究発表

学会発表

- ・ 遠山茂樹他、パワーアシストに最適な超音波モータの開発、平成 15 年度秋季
- ・ 遠山茂樹他、介護用支援用パワーアシストスーツの開発 アクチュエータの開発とシステム設計、平成 15 年度春季
- ・ 遠山茂樹他、介護支援用パワーアシストスーツの開発 機構設計と制御法の構築、平成 15 年度春季

G. 知的所有権の取得状況

特許出願(平成 16 年度に予定)

- ・ 強力サンドイッチ型超音波モータを用いたパワーアシストスーツ
- ・ 動作しやすいパワーアシストスーツの機構

厚生科学研究補助金(長寿科学総合研究所)

分担研究報告書

超音波モータおよびパワーアシストスーツ機構の開発に関する
研究

研究者 遠山茂樹 東京農工大学工学部教授

研究要旨

現在、高齢者の介護についての問題は年々深刻化してきている。その中でも少子高齢化に伴い介護する側も高齢であるということが大きな問題になってきている。高齢者介護を移乗作業など体力を要する作業は多いので高齢者が1人で介護作業を行うというのは、介護者自身のけがにもつながり危険なものになってしまう。そこで上記の問題を解決するために本研究では介護者の身体で最も負担となる部位にアクチュエータを配置し介護者の身体的負担を大幅に減少させることを目的としたパワーアシストスーツの開発を行う。今年度は前年度に製作したアシストスーツをより軽量化、人の動作を再現しやすいアシストスーツを製作する。今回はモータを装備した状態で、装着者が十分な動作が可能か検証する。

A. 研究目的

現在、高齢者の介護についての問題は年々深刻化してきている。その中でも少子高齢化に伴い介護を実際に行う人間も高齢であるということがおおきな問題である。一般的に知られている人口ピラミッドからも明らかなように、この高齢者が高齢者の介護を行うという傾向は避けることができない。高齢者が介護を行う場合、問題となるのが高齢者の体力的な衰えているということである。現在の介護動作は図 1.1-1.4 に示すように、介護者の負担を極力減らすようよく検討されているが、一日当たりの介護動作の回数が多く疲労が蓄積しやすい、また図 1.5 に示すような介護者を抱え上げるといった状況もある。これらの現状を考えると、高齢者が一人で介護作業を行うというのは危険なものとなってしまふ。一方、体力的に余裕のある介護者の場合でも現状の介護施設では介護者不足が問題であり、一人当たりの作業回数も多く、上記のように疲労により腰痛などを患ってしまうといった事例も報告されている。これらの問題を解決する手段として前年度よりパワーアシストスーツの開発を行ってきた。これは介護者の負担になっていると考えられる部位にアクチュエータとして超音波モータを配置し、介護者の身体的負担を大幅に減少させる補装具の一種である。

今年度は主に抱え上げ動作や、重量のあるものを持ち上げるといった動作を目的としたスーツ、及び介護動作を再現できるような動作の自由度を確保したアシストスーツの開発を行った。

1.1 介護動作

現在、介護動作において様々な研究がなされている。人の自然な動きを再現してやることで、介護者の負担を軽減するとともに、被介護者の運動を促すといった福祉学上の介護動作が福祉の現場においておこなわれている。また、下記の図を見てもわかるように、介護者と被介護者の触れ合いが多い。これらにより、被介護者に安心感を与えると共に信頼を得ることもできる。以下に主な介護動作を幾つか上げる。

1.1 ベッドから車椅子への移譲

脚が不自由な人に対しては 1.1.2 の車椅子からベッドへの移譲と同程度数多く行う動作のひとつである。図にあるように、被介護者は常に脚を地面に着けた状態で、かつ介護者の方に腕を回してもらおう。このとき介護者は被介護者の脚の間に脚を入れ、被介護者の腰付近を持って持ち上げ、腰および足をひねることでベッドから車椅子への移譲を行う。

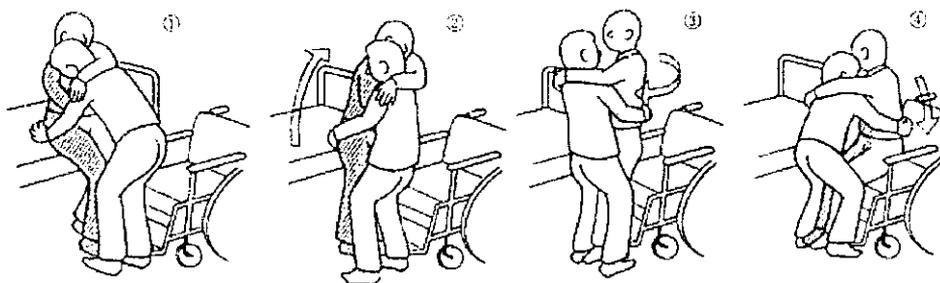


図 1.1 ベッドから車椅子への移譲